NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. F. DE ROMILLY,

ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE,
VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1892

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. F. DE ROMILLY,

ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE,
VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES.

Sur la production des cyanures;

Présenté à l'Académie des Sciences le 18 novembre 1867,
par M. Henri Sainte-Claire Deville.

Ce travail est une étude de la production des cyanures pendant la combustion.

La production du cyanure de potassium se fait en grand par la calcination des matières azotées en présence de la potasse.

Mais il existe d'autres modes de génération du cyanogène. En 1841 (*Annales de Chimie et de Physique*), M. Langlois fit passer du gaz ammoniac sur des charbons ardents et obtint du cyanure d'ammonium. Il rappelle, du reste, que l'idée de faire passer le gaz ammoniac sur des charbons est très ancienne, et que Liebig l'attribue à Scheele. Il est à remarquer que, dans l'expérience de M. Langlois, la dessiccation

parfaite du gaz ammoniac est donnée comme la condition indispensable à la formation du cyanure.

Comme suite à ces recherches, j'ai fait les expériences suivantes :

On fait barboter le gaz d'éclairage dans de l'eau ammoniacale, puis sortir par un orifice étroit, où il est allumé. Le gaz allumé forme une flamme qui s'élance avec une certaine énergie. On fait tomber cette flamme sur de l'eau tenant en dissolution de la potasse, de la soude, ou sur un lait de chaux. Au bout de quelques minutes, cette eau se trouve chargée de cyanure de potassium, de sodium ou de calcium que les sels de fer révèlent. On produit donc ainsi immédiatement les cyanures, non seulement de potassium, mais encore de sodium et de calcium. Dans cette expérience, l'ammoniaque se trouve, comme dans l'expérience de M. Langlois, portée à une haute température en présence du carbone, et la non-dessiccation des gaz ne paraît point avoir d'influence sur le résultat.

Si la flamme est projetée sur de l'eau potassée, dans laquelle on maintient en suspension par l'agitation du fer en poudre, on obtient à la fois du cyanoferrure et une quantité notable de cyanoferride de potassium.

L'expérience se fait surtout bien comme il suit : on fait tourner un cylindre de fer dont l'axe est horizontal par un moyen mécanique quelconque, de telle sorte que le bas du cylindre plonge dans une dissolution de potasse contenant du fer en poudre; le mouvement de rotation entretient toujours le cylindre mouillé d'eau potassée; devant ce cylindre, à hauteur du diamètre horizontal, on établit une rampe formée d'un tube de fer percé de trous qui projettent de petites flammes ammoniacales sur le cylindre en mouvement. Au bout d'un temps assez court, on recueille de notables quantités de cyanoferrure et de cyanoferride de potassium.

D'après ces expériences, le contact de la flamme ammoniacale avec l'eau chargée d'une base énergique pourrait sembler indispensable.

L'expérience suivante démontre qu'il n'en est pas ainsi. On fait passer la flamme ammoniacale dans un long tube, par une aspiration qui fait ensuite barboter les produits de la combustion refroidis dans une dissolution alcaline ou un lait de chaux. L'analyse, après peu de temps, marque la présence des cyanures tout aussi abondante. Si l'on recueille les produits de la combustion dans un récipient ne contenant que de l'eau distillée, on a alors du cyanure d'ammonium. On peut en tirer cette conclusion que la combinaison se fait dans la flamme. Il se produit du cyanure d'ammonium, dont on a constaté la résistance aux plus hautes températures.

Cette expérience montre l'extrême importance qu'il y a de retirer, des produits de la distillation devant donner le gaz d'éclairage, le gaz ammoniac qui est toujours mêlé à ces produits; puisqu'il peut y avoir, dans la combustion des deux gaz mêlés, une cause d'intoxication.

Dans toutes ces expériences, les flammes étaient toujours fuligineuses. Lorsqu'on se servait de la flamme invisible et parfaitement brûlée d'un bec de Bunsen, on ne recueillait pas de cyanures. Cependant, lors de la projection de cette flamme sur de l'eau potassée, par suite du rapide refroidissement qui empêchait la combustion complète, une faible quantité de cyanure put être constatée. Or, il est à noter que le gaz d'éclairage n'est parfaitement brûlé que dans certaines conditions d'accès d'air. Lors donc que ces conditions ne sont pas réalisées, la flamme fuligineuse peut donner naissance à du cyanure d'ammonium, un des poisons les plus énergiques, si l'on n'a pas pris soin de priver absolument le gaz de l'ammoniaque qui se produit toujours pendant sa fabrication.

L'huile et les autres hydrocarbures se comportent comme le gaz d'éclairage dans les expériences précédentes.

On peut, de ces expériences, tirer les conclusions suivantes :

1° En brûlant un mélange de gaz ammoniac et de gaz d'éclairage,

l'azote se combine au carbone dans la flamme même, si la flamme est fuligineuse;

2° L'humidité des gaz n'empêche pas la combinaison d'avoir lieu;

3° La combinaison donne naissance à du cyanure d'ammonium qui, lorsque la flamme rencontre de la potasse, de la soude ou de la chaux, donne des cyanures de potassium, de sodium et de calcium.

Études sur l'entraînement de l'air par un jet d'air ou de vapeur.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1er semestre 1875, p. 189;
Journal de Physique, 1re série, t. IV.

Ces expériences portent sur les phénomènes de l'entrainement de l'air par un jet d'air ou de vapeur. Ce jet partant d'un *ajutage lanceur* entraîne avec lui une certaine quantité d'air ambiant; il peut être reçu dans des *ajutages récepteurs*. Il est aisé de voir que les résultats généraux qui peuvent être fournis par des ajutages de formes variées rentrent tous, quant au sens des phénomènes, dans ceux que donnent les quatre types suivants :

1° *Coniques à petite section tournée vers le lanceur;*

2° *Coniques à grande section tournée vers le lanceur;*

3° *Cylindriques;*

4° *Percés en mince paroi.*

Les expériences ont été faites ainsi : le lanceur est en communication avec un réservoir d'air comprimé. Le jet est reçu par les récepteurs désignés plus haut, formant tour à tour l'entrée d'un gazomètre bien équilibré. L'air, passant librement, soulève et emplit la cloche du gazomètre en un temps observé au compteur à secondes. On mesure ainsi la quantité entraînée et la vitesse à l'orifice, et, par suite, la pression correspondante. Quand la cloche est chargée et immobilisée, le gazomètre forme récipient clos. Un manomètre annexé donne alors les pressions.

On commence l'expérience par introduire et luter le lanceur dans le récepteur. On note le temps d'emplissage, puis on sépare le lanceur du récepteur, et l'on examine les effets de l'éloignement et de l'excentration à toute distance. On a ainsi tous les effets, tant en récipient clos qu'en récipient ouvert, selon que le gazomètre est chargé ou qu'il est libre.

Voici le résultat des expériences avec les divers récepteurs :

I. L'ajutage qui donne le maximum d'effet est le CONIQUE de *5 à 7 degrés* (petite section regardant le lanceur). Le lanceur doit être placé à l'extérieur et éloigné d'une distance qui croît en raison de la section du récepteur, et très peu avec la pression au lanceur.

Dans ce cas, la quantité d'air reçue (q) est dans la proportion des diamètres du récepteur et du lanceur $q = \frac{D}{d}$: D diamètre du récepteur, d diamètre du lanceur.

La vitesse est en raison inverse $V = \frac{d}{D}$. Il faut supposer à l'orifice du lanceur toute la vitesse de la détente.

Il en résulte donc la conservation intégrale de la quantité de mouvement.

Cet effet est le même, quelle que soit la grandeur du récepteur, *pourvu que l'on se serve du présent ajutage dans les conditions de maximum indiquées.* Voici quelques expériences :

Lanceur à mince paroi (diam. = 0,001, réduit à 0,0008 par contraction de la veine ; pression 1 atmosphère).

Avec récepteur, diamètre..............	lanc^r luté	0,004	0,008	0,016	0,032
Remplit le gazomètre de 48 litres en....	173^s	34^s	17^s	$8^s,5$	$4^s,2$
Quantité par seconde..................	$0^{lit},282$	$1^{lit},41$	$2^{lit},82$	$5^{lit},64$	11^{lit}
Vitesse...............................	564^m	$112^m,09$	$56^m,40$	$28^m,20$	$14^m,25$
Quantité de mouvement.................	159	158	159	159	162

La pression sur l'orifice de ce récepteur est, en raison inverse de sa section, $P = \frac{K}{D^2}$. La constante K varie selon que l'ajutage récepteur

forme l'entrée d'un récipient clos ou d'un récipient laissant échapper l'air librement. Dans le premier cas, la pression est donnée par un manomètre ; dans le second cas, la pression est calculée d'après la vitesse au passage.

D'après les expériences faites avec 1 atmosphère au lanceur, la première pression est à la seconde comme 1,4 est à 1.

Exemple :

Lanceur	$0^m,0008$
Récepteur	$0^m,008$

L'expérience donne en hauteur d'eau :

En récipient ouvert (d'après la vitesse)	$0^m,195$
En récipient clos	$0^m,280$

Il faut avoir égard à cet effet lorsqu'on place un tube manométrique dans l'intérieur d'un tuyau pour évaluer le passage d'un gaz.

Dans le cas de l'ajutage conique décrit, le maximum à toute distance est au centre, ce qui se manifeste en excentrant le lanceur parallèlement à l'axe du cône récepteur.

Pour les autres ajutages, il n'en est pas de même; ils n'atteignent pas le maximum de l'ajutage précité. On verra qu'en substituant l'ajutage conique 5 à 7 degrés au cylindre habituellement employé, on réalise une augmentation de plus de 33 pour 100 d'effet utile.

II. Dans le CONIQUE *à grande section tournée vers le lanceur, le maximum maximorum* est à l'intérieur du cône. Les maxima à toute autre distance sont excentrés, et leur suite forme une surface courbe de révolution située en partie dans l'intérieur, en partie à l'extérieur du cône.

III. Pour les *ajutages* CYLINDRIQUES avec récipient ouvert, le *maximum maximorum* est sur la ligne axiale à une petite distance de l'orifice extérieur. Avec récipient clos, à l'intérieur et encore à quelque distance à l'extérieur, les maxima sont sur l'axe, puis ils forment une courbe

fermée, et le *maximum maximorum* est une ligne circulaire formant la partie la plus excentrée de la courbe.

Les trois expériences donnent, avec le même lanceur, de 0,0015 de diamètre et les récepteurs de 0,016 de diamètre, les résultats suivants :

	Emplissage.	Quantité de mouv.
Conique (petite section vers lanceur).............	8ˢ,6	155
» (grande section vers lanceur)............	10ˢ,6	102
Cylindrique....................................	11ˢ,0	95

soit 33 pour 100 d'effet en plus avec conique de 5 à 7 degrés, petite section vers le lanceur.

Si l'on porte à 15 degrés l'angle du cône (petite section vers le lanceur), l'emplissage se fait en 9ˢ,6, ce qui fait une perte de 20 pour 100 sur celui de 5 à 7 degrés.

IV. Pour l'*orifice récepteur à* MINCE PAROI, si l'on éloigne le lanceur du récepteur, et que, de millimètre en millimètre, on examine les effets de l'excentration, on trouve d'abord des courbes très singulières renfermant plusieurs maxima et minima. Le *maximum maximorum* est au centre et à une distance où se sont effacées graduellement les particularités des courbes successives. La quantité de mouvement est réduite à moins de moitié de ce qu'elle est avec le conique. C'est l'ajutage le moins favorable.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

1° Lorsque le récipient clos est percé, outre l'ajutage récepteur, d'un orifice de sortie égal et semblable, la pression est réduite à moitié.

2° A quelque endroit que se trouve l'orifice du lanceur, soit sur l'axe, soit hors de l'axe, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'ajutage, l'effet est toujours supérieur quand la direction du jet se confond avec l'axe ou lui est parallèle; toute direction angulaire à l'axe produit une diminution d'effet très rapide.

3° Il faut tenir compte de la section contractée avec le lanceur à mince paroi, pour le rapport des vitesses ou des pressions entre le lanceur et le récepteur.

Pour établir les faits énoncés, on a varié les formes et les grandeurs relatives du lanceur et du récepteur.

Les mêmes expériences ont été faites avec la vapeur : mêmes résultats. Cependant, ayant opéré comme pour l'air avec une atmosphère de pression, les gouttelettes dues à la condensation rendaient les expériences plus difficiles et moins nettes.

En résumé :

1° Conservation intégrale de la quantité de mouvement avec récepteur conique de 5 à 7 degrés, petite section vers le lanceur. Celui-ci placé à une distance extérieure, qui croît en raison du diamètre du récepteur et très peu avec la pression ;

2° Quantité entraînée en raison directe des diamètres du lanceur et du récepteur $\frac{D}{d}$, vitesse en raison inverse $\frac{d}{D}$;

3° Les autres ajutages, inférieurs comme effet ;

4° Maximum au centre, à toute distance, pour le conique, petite section vers le lanceur ;

5° Pour les autres, courbes particulières à chacun pour la suite des maxima ;

6° Courbes différentes pour le même ajutage si le jet est reçu en récipient clos ou en récipient ouvert ;

7° Lieu du *maximum maximorum* particulier à chaque courbe.

Études sur l'entraînement de l'air par un jet d'air ou de vapeur (*suite*).

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1er semestre 1875, p. 954 ;
Journal de Physique, 1re série, t. IV.

Dans la Communication précédente, au sujet de l'entraînement de l'air par un jet d'air ou de vapeur, j'ai décrit les effets du jet lancé dans

l'orifice récepteur. Voici maintenant les effets du jet lancé sur la paroi latérale du récepteur.

I. Si, avec le récepteur à mince paroi, on éloigne le lanceur de quelques millimètres seulement du récepteur et qu'on l'excentre suivant le rayon, c'est lorsque le lanceur dirige son jet toujours parallèlement à l'axe, non plus dans l'orifice récepteur, mais *en dehors*, sur la paroi même où l'orifice est percé, que se trouve le maximum de pression, maximum qui dépasse le double de la pression obtenue en lançant le jet dans l'intérieur de l'orifice. Ainsi la projection sur un plan parallèle des deux orifices lanceur et récepteur donne, au moment du maximum, deux cercles extérieurement tangents. La grandeur absolue de l'effet après le bord croît très peu avec la distance du lanceur au récepteur, de sorte que sa supériorité sur l'effet du jet lancé à l'intérieur ne persiste pas; car, l'effet du jet dans l'orifice grandissant rapidement avec l'éloignement, il se trouve que, après une certaine distance où ces deux effets sont égaux et où il y a alors deux maxima égaux, l'effet du jet dans l'orifice devient prédominant.

Comme exemple, avec le récepteur de 0,016, ce n'est qu'à 0,020 de distance qu'on a égalité des deux maxima. Avec des récepteurs de diamètres moindres, les effets sont de même nature, et, à mesure que le récepteur décroît, les courbes sont plus accentuées et l'égalité des deux maxima a lieu plus tôt. Il est du reste facile de rendre sensible cette tangence; lorsqu'on a obtenu le maximum par excentration, on avance normalement le lanceur vers le récepteur : il vient buter sur la paroi, et le jet est arrêté.

Cette manœuvre, comme toutes celles des expériences précédentes et suivantes, exige que le lanceur soit fixé sur une base pouvant, par une glissière, se mouvoir vers le récepteur, cette base portant elle-même une autre glissière pour le mouvement latéral.

Cet *effet de bord* est-il particulier au récepteur à mince paroi? Pour

généraliser le phénomène, on l'a étudié avec les autres récepteurs de forme intérieure différente. Si donc on prend un récepteur conique, celui de 7° et de 8mm de diamètre par exemple, pourvu à sa petite section tournée vers le lanceur d'une surface latérale plane continuant la surface de section de l'orifice, on reconnaît, en partant de l'axe : 1° que le maximum est sur l'axe, et qu'à partir de l'axe il y a diminution (Note précédente); 2° qu'au moment où le lanceur franchit le bord, il y a minimum très accusé, puis augmentation de pression considérable et brusque lorsque le bord est franchi. C'est un second maximum, inférieur ici au maximum central, mais très marqué, et même, en valeur absolue, supérieur au même effet avec l'orifice en mince paroi de même diamètre. Après ce maximum, il y a diminution graduelle.

Même effet avec l'ajutage cylindrique. Avec le divergent, l'effet est très effacé.

Ainsi l'effet de bord est général, mais seul l'orifice à mince paroi donne l'effet de bord supérieur à l'effet du jet lancé à l'intérieur de l'orifice.

II. Autre phénomène qui n'existe pas avec le récepteur à mince paroi, mais avec le conique et le cylindrique : ni la grandeur, ni la position du second maximum ne sont les mêmes quand on fait glisser le lanceur de l'axe vers le bord et le franchissant, que lorsque l'on revient en sens contraire vers l'axe. Le point du maximum est plus excentré quand on s'éloigne de l'axe, moins excentré quand on revient vers l'axe. De même du minimum très accusé qui, dans l'aller, précède, et dans le retour suit le maximum. Ce déplacement en sens contraire agit comme si le jet avait une sorte d'inertie qui retarderait le moment du saut brusque, dans l'un ou l'autre sens. En s'éloignant de l'axe, on a le plus fort minimum; en s'en rapprochant, le plus fort maximum. C'est le même phénomène avec d'autres valeurs et à une place différente. Par ces deux chemins contraires, on arrive en excen-

trant doucement à un minimum ou à un maximum instable qui, une fois atteint, disparaît aussitôt. Comme l'instabilité va croissant à mesure que l'on approche de ce point d'instabilité extrême, en s'arrêtant un peu avant d'y atteindre, on a un autre point singulier, ou *point de facile variation*, et dont l'expérience suivante fera ressortir les propriétés : on glisse une mince feuille de métal ou une carte entre le lanceur et le récepteur, et, suivant qu'on l'enlève en la tirant vers l'axe ou vers le bord du récepteur, on a : vers l'axe, le maximum; vers le bord, le minimum. On peut agir aussi en soufflant sur le jet, mais c'est moins net. On peut faire passer la carte entre le lanceur et le récepteur ou la faire glisser sur le récepteur, ou même sur le petit orifice lanceur. Si l'on s'arrêtait un peu avant ou après ce point de facile variation, on retomberait toujours sur la même pression, de quelque côté qu'on retirât la carte.

A mesure qu'on éloigne le lanceur du récepteur, le point du maximum d'effet de bord a une faible tendance à s'écarter : très près, on n'a pas la tangence absolue; plus loin, on y atteint; plus loin, on la dépasse. Mais ces différences sont très petites, et la suite de ces maxima est presque une droite normale à la surface du récepteur. Ainsi, avec un lanceur de 2 millimètres de diamètre, à $\frac{1}{2}$ atmosphère, et un récepteur de 0,016 à mince paroi, quand ils sont à la distance de 1 millimètre, la tangence n'est pas absolue, et à 3 millimètres elle est dépassée.

III. Lorsqu'on se sert d'un lanceur et d'un récepteur pourvus tous deux de parois latérales parallèles, on a, le bord franchi, non plus une pression, mais une *aspiration*. Cette aspiration se produit jusqu'à une grande distance entre le lanceur et le récepteur; comme exemple : un lanceur de 1 millimètre de diamètre à 1 atmosphère peut être éloigné de plus de 1 centimètre d'un récepteur de 8 millimètres de diamètre sans que l'effet d'aspiration soit anéanti. En le rappro-

chant, l'aspiration augmente et dépasse en valeur absolue la pression maximum obtenue à la même distance lorsque le jet pénètre dans le récepteur. Cette différence en faveur de l'aspiration peut s'élever à près du triple de la pression.

Le lieu du maximum de cette aspiration est situé, pour les distances rapprochées, au point même où se trouvait, par l'effet de bord, le maximum de pression avec lanceur sans paroi parallèle. Cependant l'aspiration n'efface l'effet de bord que pour les distances très proches. Le maximum d'aspiration s'écarte à mesure que la distance entre les ajutages augmente, tandis que l'effet de bord s'obtient toujours avec une excentration à peu près identique. Déjà, à 2 millimètres de distance entre l'ajutage conique de 4 millimètres de diamètre, on a en premier lieu l'effet de bord et un peu plus loin l'effet d'aspiration.

IV. Lorsque la distance entre les ajutages est moindre que $\frac{1}{2}$ millimètre, qu'ils sont presque au contact, la pression, lorsque le jet pénètre dans le récepteur, augmente très rapidement avec la diminution de distance (puisque, au contact, on doit avoir la pression même du lanceur), et alors l'excentration, le bord dépassé, produit non plus une aspiration, mais, après un minimum bien accusé, un second maximum de pression qui dépasse en valeur absolue l'aspiration des cas précédents; puis l'effet de l'excentration s'éteint en donnant une suite de minima et de maxima de moins en moins accusés.

Entre cette très petite distance où, en dépassant le bord, on n'a que des pressions, et celle où l'on a seulement l'aspiration, se trouve une distance intermédiaire où, le bord franchi, on a d'abord une aspiration et, en excentrant plus loin, une pression.

Voici donc, en s'éloignant du récepteur, la succession des effets d'excentration : 1° (presque au contact) pression sur toute la paroi, quelle que soit l'excentration; 2° (un peu plus éloigné) aspiration, puis pression en excentrant davantage; 3° (vers 1 millimètre de dis-

tance) aspiration pour toute excentration; 4° (vers 2 à 3 millimètres) pression par effet de bord, puis aspiration; 5° disparition de l'aspiration, continuation de la pression par l'effet de bord; 6° disparition de l'effet de bord dans l'effet général.

Il arrive aussi, quand à très petite distance il n'y a pas parallélisme absolu, qu'en excentrant d'un côté du récepteur on a le phénomène de pression, et du côté diamétralement opposé celui d'aspiration.

V. L'effet de bord et l'aspiration croissent avec la section du lanceur et la pression de l'air lancé, et en proportion inverse de la section du récepteur.

VI. L'effet de bord ne se produit que lorsque le récepteur forme l'entrée d'un récipient clos. Il n'existe pas pour l'entraînement dans un récipient ouvert, et le gazomètre qui mesure la quantité d'air qui passe par le récepteur s'emplit de plus en plus lentement, à mesure que l'on dépasse le bord par l'excentration. Quant à l'effet d'aspiration dû au parallélisme des surfaces, il se manifeste également, que le récipient soit clos ou qu'il soit ouvert.

Les expériences dans ces deux Communications ont été prises parmi un grand nombre de séries concordantes exécutées avec lanceurs de $\frac{1}{2}$, 1 et 2 millimètres en variant les pressions depuis $\frac{1}{10}$ jusqu'à 1 atmosphère, et avec récepteurs de 2 à 32 millimètres.

Sur le jet d'air dans l'eau.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1er semestre 1877, p. 330;
Journal de Physique, 1re série, t. VI.

Voici le résultat d'études faites sur les effets du jet d'air lancé dans l'eau.

1° Si le jet est lancé à la surface de l'eau, ordinairement la surface

se trouble et donne des effets confus de bouillonnement et de projection; mais, si le jet est lancé normalement à la surface et qu'on éloigne peu à peu le lanceur, il se trouve une distance où la dénivellation prend l'aspect d'une poche plus profonde que large et parfaitement lisse, possédant souvent un mouvement de rotation peu rapide.

L'expérience peut se faire dans un verre ordinaire, avec un lanceur de 1 à 2 millimètres, communiquant avec un gazomètre qui donne une pression constante de quelques centimètres d'eau. Il arrive alors souvent que le jet rend un son faible, très doux et très pur; ce son se renforce si l'on donne à côté la même note sur un violon; il s'éteint et la surface de la poche liquide se trouble si la note est discordante. Ce phénomène rappelle l'expérience classique de Savart sur les jets d'eau.

2° Lorsque le tube d'où l'air doit émerger plonge dans l'eau, voici ce qui se passe : pour se rendre un compte exact du phénomène, il faut que le tube parte du fond d'un récipient en verre plein d'eau et s'arrête à 1 ou à 2 décimètres de la surface; alors, bien que l'air soit ainsi poussé de bas en haut et par la pression et par la différence du poids spécifique, il ne s'élance point brusquement vers la surface, mais s'épanouit d abord à la sortie et forme autour du tube une chambre d'air présentant à peu près l'aspect d'une sphère persistante, qui descend de 1 à 2 centimètres au-dessous de l'orifice, maintenant ainsi sur une certaine longueur le bout terminal du tube hors du contact de l'eau. On a ainsi une colonne d'air ascendante ayant une base qui a plus du triple du diamètre de l'orifice de sortie.

Cette colonne d'air est tremblante à sa périphérie; elle ne forme donc pas un cylindre régulier; mais elle a notamment une première irrégularité qui mérite l'attention : c'est qu'à peu de distance au-dessus de l'orifice, elle se resserre tout à coup pour s'élargir ensuite de nouveau peu à peu.

Si le tube est terminé par une surface plane, la bulle s'épanouit

immédiatement sur cette surface; si la surface est insuffisante, la bulle déborde et descend au-dessous.

Il y a là deux phénomènes simultanés correspondant à deux effets du jet : 1° effet d'expansion latérale qui forme la chambre d'air; 2° effet de la partie centrale du jet qui s'élance à travers la chambre à air et produit une aspiration à la partie étroite.

Il va sans dire que ce phénomène général se modifie comme forme avec l'inclinaison du tube et comme grandeur avec la différence de pression de l'air lancé et la contre-pression de l'eau ambiante. Avec de l'air ayant des excès de pression de plus en plus faibles, la sortie finit par avoir lieu bulle à bulle et le phénomène n'apparaît plus.

Phénomènes capillaires. — L'air peut être conduit dans l'eau : 1° soit par un tube à large section; 2° soit par un tube capillaire; 3° soit par un tube large terminé en bas par une paroi continue percée seulement d'un trou capillaire. Dans ces trois cas, l'air se comporte différemment.

Prenons ces trois tubes en verre et plaçons-les à côté l'un de l'autre, ayant leurs bases ouvertes au même niveau. Faisons-les mouvoir ensemble, en élevant ou abaissant, à l'aide d'une crémaillère, le support où ils sont fixés, et faisons-les communiquer avec le même gazomètre servant de réservoir commun d'air comprimé. Voici ce qui se passe :

1° Dans le tube large, l'air sortira jusqu'au niveau correspondant à la pression; là il s'arrête. Si l'on remonte le tube, dès que ce niveau sera dépassé, l'air sortira.

2° Dans le tube capillaire, la même chose aura lieu, seulement le niveau réel est diminué par la force capillaire et les effets d'arrêt et de sortie de l'air auront lieu à un niveau moins profond.

3° Le tube large à trou capillaire se comporte d'une manière toute

spéciale ([1]). Si le trou capillaire est de même diamètre que le tube capillaire, en plongeant les deux tubes, l'air comprimé sortira en même temps des deux orifices, et, arrivé au niveau capillaire, l'air cessera de sortir dans les deux simultanément; mais, si l'on continue à enfoncer les deux tubes, l'eau entrera immédiatement dans le tube capillaire, tandis que l'air persistera à remplir le tube à trou capillaire, et, si l'on continue à descendre, on arrivera à dépasser même un peu le niveau du tube large avant que l'eau rentre. Si alors on remonte ensemble le tube capillaire et le tube à trou capillaire, une nouvelle différence se manifeste : l'air jaillira du tube capillaire au lieu même où il avait cessé de jaillir lors de la descente, mais il ne jaillira pas du tube à trou capillaire : il y aura un retard considérable; ce n'est qu'en montant plus haut que le jet s'élancera. En arrêtant le tube à trou capillaire dans la phase du retard, on pourra constater un phénomène de persistance nettement accusé : la moindre cause peut faire partir d'une façon continue ou arrêter l'air. Ainsi, si l'air arrive par un tube de caoutchouc, on peut produire indéfiniment, à la suite l'un de l'autre, les deux effets contraires : il suffira de pincer, soit brusquement, soit doucement, le tube, pour provoquer soit la sortie persistante, soit l'arrêt persistant, le niveau du tube demeurant fixe.

([1]) Pour examiner la transition entre les phénomènes du trou capillaire et ceux du tube capillaire, on termine un large tube par un tube capillaire trop court pour satisfaire à la capillarité; on voit alors, en rendant ce petit tube de plus en plus court, que le trou capillaire n'est qu'un tube capillaire dont les deux extrémités se confondent sur le même plan.

Sur les effets du jet d'air dans l'eau et sur la suspension de l'eau dans l'air.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1877, 1er semestre, p. 373;
Journal de Physique, 1re série, t. VI.

De la suspension et de l'ébullition de l'eau sur un tissu à larges mailles. — Dans l'expérience qui consiste à plonger dans l'eau un tube large bouché et percé d'un trou capillaire on peut substituer à ce trou unique une série de trous rapprochés, soit un tissu : on obtient les mêmes phénomènes. Puisqu'il y a là une résistance à la rentrée soit de l'air, soit de l'eau, on est amené à se demander si un tissu tendu sous une cloche pleine d'eau ne garderait pas cette eau au milieu de l'air ambiant, comme le font les tubes capillaires : c'est en effet ce qui a lieu. On prend, par exemple, une cloche en verre de 2 décimètres de diamètre, on ferme la base ouverte par un tulle à larges mailles (2 à 3 millimètres de côté), on fixe cette cloche par un support, de manière que la base ouverte soit en bas et bien horizontale, on plonge ensuite cette base dans une cuve pleine d'eau et l'on aspire l'eau à l'aide d'un tube fixé à une douille placée en haut de la cloche. Après avoir fait monter l'eau dans la cloche à une hauteur quelconque, on ferme la rentrée de l'air par la douille au moyen d'un robinet. On retire alors la cuve, l'eau se maintient dans la cloche. A chaque maille du tissu on voit un ménisque très prononcé et, de plus, un grand ménisque général. Si, au lieu de fixer le tissu par un lien ou par une jarretière en caoutchouc, ce qui est commode, on le tient à la main jusqu'à ce qu'on ait retiré la cuve; le tissu tient en place et retient l'eau. Alors on peut augmenter beaucoup le ménisque général : on n'a qu'à faire descendre, en glissant par petites parties, peu à peu, le tissu collé par l'eau sur la paroi latérale verticale extérieure de la cloche; le ménisque augmente peu à peu, et, avec des cloches de 6 centimètres de diamètre et un tulle

de 2 millimètres environ de côté, on peut arriver à lui faire prendre une courbure de 3 à 4 centimètres de flèche. Cette courbure peut augmenter encore beaucoup avec la finesse des mailles.

Lorsque le tissu est bien horizontal et fixé par un lien, si l'on incline la cloche, l'eau s'écoule, mais cette inclinaison pourra, sans amener l'écoulement, être d'autant plus grande que les mailles seront plus petites. Avec des mailles d'environ 4 millimètres de côté, la moindre inclinaison amène la chute de l'eau; avec des mailles de 1 millimètre, on peut faire un angle de 45 degrés; avec des mailles de $\frac{1}{2}$ millimètre à $\frac{3}{4}$ de millimètre, on peut faire l'expérience suivante : on prend un tube de verre d'environ 3 à 4 centimètres de diamètre; on fixe à un bout, par de la cire à cacheter, une de ces demi-sphères en toile métallique, qui servent de passoire à thé, de façon à terminer le tube de ce côté par un hémisphère saillant; de l'autre côté, on met un bouchon percé muni d'un tube avec un robinet pour aspirer l'eau et fermer ensuite. Si l'on remplit le tube d'eau, quelque inclinaison qu'on donne au tube, l'eau s'y maintiendra même si la sphère se trouve à 45 degrés ou même à 90 degrés, c'est-à-dire tournée en haut, pourvu qu'aucune bulle d'air intérieure ne vienne toucher et traverser la toile métallique, car alors la chute a lieu. Lorsque la demi-sphère est tournée en bas, si l'on donne une légère secousse, on voit une goutte sortir, s'allonger, puis rentrer dans la sphère. Puisque la toile métallique peut maintenir l'eau en tous sens, on pourra donc faire des cages dont les côtés et le fond seront en toile métallique. Avec une toile métallique de 1 millimètre de côté, la paroi latérale peut avoir 3 à 4 centimètres de hauteur. Avec une toile métallique de $\frac{1}{2}$ millimètre, on peut aller jusqu'à 7 et 8 centimètres.

Voici alors une autre expérience : Prenons un large tube en verre fermé en haut par un bouchon à robinet et continué en bas sur une longueur de 3 centimètres par un tube d'égal diamètre, en toile métallique, à mailles de 1 millimètre, et se terminant par une surface plane

de même toile formant la base horizontale inférieure; si, après avoir rempli le tube d'eau, on place la base horizontale seule sur une surface d'eau et qu'on ouvre le robinet d'accès d'air, l'eau du tube s'écoulera. Si alors on aspire avant que le niveau d'eau du tube ait dépassé le bas du verre, on verra l'eau remonter et aucune bulle d'air ne viendra par la paroi latérale de toile métallique laissée en plein air, quoique la hauteur d'eau à vaincre pour satisfaire à l'aspiration soit moindre que pour le fond. Il y a plus : on peut laisser descendre le niveau de l'eau jusqu'au moins moitié de la toile métallique et l'eau du fond seul montera sans arrivée d'air latérale, une mince pellicule liquide s'opposant à la rentrée d'air. Avec une toile de $\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$ de millimètre, ces effets sont très augmentés : on peut laisser tomber le niveau à plus de 4 centimètres au-dessous du verre.

La température des ménisques ne paraît pas influer beaucoup sur leur résistance : ainsi on prend une cloche portant un tulle à sa partie ouverte, on y fait tenir de l'eau en suspens, puis on place un bec de gaz allumé sous l'eau en suspens; la flamme s'épanouit sous la surface liquide, l'eau s'échauffe et bout sans tomber. Un tulle presque invisible sert indéfiniment à cette expérience. La chute n'arrive que lorsque l'ébullition est trop violente. En réglant le feu, au moment où un thermomètre plongé dans l'eau atteint 100 degrés, on maintient indéfiniment une ébullition tranquille.

Pour être sûr du succès de l'expérience, on fait, par un tube large, communiquer la cloche à ébullition avec une autre plus grande, dont le fond libre reste plongé dans une cuve d'eau : l'aspiration détermine l'arrivée de l'eau dans les deux à la fois. La dilatation de l'air échauffé partage ses effets entre ces deux cloches et l'eau ne tombe pas. Avec une seule cloche, la dilatation de l'air et la vapeur feraient tomber peu à peu de petites masses d'eau, et la cloche pourrait se vider avant l'ébullition.

Il est à remarquer que, ni avant ni pendant l'ébullition, les bulles

formant les ménisques ne se déplacent pour monter à la surface. Elles demeurent stables ; de petites bulles d'air d'abord, de vapeur ensuite, se forment sur la paroi ou même sur les fils du tissu et demeurent en contact avec les ménisques, puis grossissent peu à peu et montent à la surface.

Cette expérience d'ébullition de l'eau sur un tissu réussit très couramment avec une cloche de 6 à 7 centimètres de diamètre et du tulle de 2 millimètres de côté, ou avec une cloche de 10 à 15 centimètres de diamètre et du tulle de 1 millimètre de côté, dans laquelle plusieurs litres peuvent être maintenus en ébullition.

Machines élévatoires et appareils pneumatiques.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1er semestre 1881, p. 1413 ;
Journal de Physique, 1re série, t. X.

On obtient depuis longtemps l'élévation de l'eau par des machines rotatives ; toutes consistent en un cylindre immobile dans lequel circulent des aubes mobiles ; la force employée est la force centrifuge. La hauteur atteinte est d'environ 50^{m}. M. Gwynne et plus tard L.-D. Girard ont proposé chacun une machine rotative formée de cylindres analogues, multiples associés. Celle de Girard élevait l'eau à 40^{m} : c'est, je crois, la plus grande hauteur atteinte par des machines à force centrifuge.

La machine que je propose élève l'eau à une hauteur beaucoup plus grande : un appareil de laboratoire mû à la main montre l'élévation de l'eau à 200^{m}. Cette machine est très simple de construction et constituée sur des principes différents.

C'est la partie extérieure qui tourne.

Elle se compose essentiellement de deux pièces : 1° une turbine, simple cylindre à deux bases et sans aubes ; 2° un tube fixe.

Prenons un type pour exemple.

La turbine est formée par un cylindre droit, creux, de petite hauteur, à bases parallèles. Une des bases est reliée à un axe qui la traverse normalement. L'autre base laisse passer librement l'axe par un large orifice circulaire concentrique.

Le tube fixe se compose de deux parties. Il s'élève, d'une part, jusqu'à la hauteur où l'eau doit être portée, et pénètre, d'autre part, par l'ouverture de la seconde base, d'abord parallèlement à l'axe, et se recourbe ensuite suivant un rayon, jusque tout près de la paroi cylindrique intérieure de la turbine.

Cette dernière partie, plongée dans l'eau circulante, prend la forme d'un *poisson* grossièrement dessiné, qui présenterait sa bouche ouverte au courant affluent. A partir de cet orifice d'introduction, le tube augmente de section suivant un cône de 5° à 6°, tout en se recourbant pour rejoindre sa partie cylindrique.

L'appareil fonctionne ainsi : la turbine est mise en rotation; le liquide, par la force centrifuge, forme un anneau appliqué à la paroi intérieure; le tube présente normalement au courant sa section d'orifice et reçoit ainsi l'eau tangentiellement au cercle qu'elle décrit; le liquide monte par ce tube jusqu'à une hauteur correspondant à sa vitesse et croissant comme le carré de celle-ci.

Tel est l'appareil pour la montée de l'eau, dans sa forme générale. Il peut élever l'eau à toute hauteur; sa vitesse n'a de limite que dans la résistance à la force centrifuge de la matière dont il est formé. Nous supposons que l'eau arrive d'une source par un tube dans la turbine qui l'élève. Mais deux cas peuvent encore se présenter : 1° la turbine est placée à la hauteur même où l'on veut élever l'eau; 2° elle est placée à une hauteur intermédiaire.

Premier cas. — La turbine est placée au niveau supérieur. Ce cas donne lieu à un procédé nouveau : au lieu d'élever l'eau, on la préci-

pite de toute sa vitesse vers le niveau inférieur par le tube décrit précédemment. L'eau acquiert la vitesse donnée par la turbine, plus celle de sa chute. Le bout inférieur de ce tube de descente se termine par un cône par où l'eau sort en jet. Vis-à-vis de cet orifice se trouve un autre orifice, de section plus grande d'un tiers, de moitié, du double, etc. Cet orifice plus grand, en forme de cône de 6° environ, sert d'entrée au tube d'ascension. Le tube lanceur, dans sa partie inférieure, est compris dans un tube enveloppant, concentrique, donnant accès à l'eau tout autour de lui; ce tube enveloppant vient, en convergeant, aboutir à l'orifice d'élévation. Cet appareil d'entraînement, relativement petit, est plongé dans la nappe d'eau inférieure. Dans ce système, on ne peut conserver la force vive du jet lancé; mais la quantité de mouvement est conservée si l'on met entre les deux orifices une distance d'environ quatre fois le diamètre de l'orifice récepteur. C'est, après expérience, la même distance que pour l'entraînement de l'air. Mais ici, à l'opposé de ce qui a lieu avec l'air, le tube enveloppant donne un résultat que ne donnent pas les orifices placés vis-à-vis librement.

Une fois l'eau montée, une partie est déversée en dehors; l'autre rentre dans la turbine pour servir à un nouvel entraînement.

Remarque. — Il ne faut pas calculer la quantité d'eau entraînée d'après la vitesse du jet s'élançant librement dans l'air. En effet, l'eau inférieure au repos n'est au repos que relativement au spectateur. Dans la réalité, les deux eaux doivent être considérées comme ayant un mouvement relatif inverse l'une de l'autre. On aura donc en eau montée moins que ne donne le calcul fait sur le jet libre. Le déficit est comblé par une moindre dépense d'eau lancée par la turbine; cette vérité est mise hors de doute par des expériences où l'on emploie, au lieu d'une turbine, un réservoir supérieur fixe dont la dépense est notée.

Ce nouveau système d'élévation d'eau n'est pas spécial; il peut être employé avec une pompe quelconque. Il trouvera surtout son application dans les mines, où il importe d'avoir la machine hors des profondeurs.

Second cas. — Dans le cas où la turbine est placée dans une position intermédiaire, on emploie simultanément les deux moyens. La turbine reçoit toute l'eau montée, la refoule dans le tube déjà décrit, qui se bifurque pour en lancer une partie en bas, tandis que l'autre monte au niveau voulu. Dans le cas où la turbine est placée plus près du niveau inférieur que du niveau supérieur, pour ne pas perdre trop de force vive, on peut avoir recours à deux turbines de grandeur différente montées sur le même axe.

Graissage. — Il est important d'avoir un graissage d'autant plus assuré et plus actif que la turbine tourne plus rapidement. C'est ce qu'on obtient en plaçant sur l'axe deux petites turbines renfermant chacune une des pointes de l'axe et la vis creuse fixe qui sert de crapaudine. Elles fonctionnent comme la grande turbine.

L'huile est amenée de la petite turbine dans la vis creuse par un petit tube, de là à l'extrémité de l'axe, qui, par sa rotation, la lance dans la petite turbine, d'où elle retourne à la vis creuse par une circulation incessante. Le petit tube comprend, dans son passage, une petite lanterne en verre, qui sert à surveiller la circulation de l'huile.

L'huile y est introduite avant la mise en marche; on la ferme ensuite hermétiquement. Inutile d'ajouter que ces petites turbines sont tournées en sens inverse l'une de l'autre, quel que soit le plan dans lequel circule la grande turbine.

Appareils pneumatiques.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1er semestre 1881, p. 1506;
Journal de Physique, 1re série, t. X.

On peut annexer à la turbine décrite un appareil d'aspiration. En voici deux, conçus d'après des idées nouvelles :

1. Le principe du premier appareil est celui-ci : si l'on fait tomber un jet liquide sur une surface en repos du même liquide, l'air est entraîné dans sa profondeur, en bulles nombreuses; ces bulles remontent vers la surface; mais, si le niveau liquide pouvait être placé au-dessus du jet, une fois produites, les bulles venant du bas ne pourraient plus retourner vers leur niveau d'origine. C'est là le principe; voici comment il est réalisé.

Comme pour l'entraînement de l'eau, un jet liquide s'échappe de l'orifice extérieur du tube de la turbine. Ce jet est lancé de bas en haut. Au-dessus, à quelque distance, concentriquement et normalement à ce jet, se trouve un orifice plus large, dans lequel le jet s'engage. Cet orifice est l'origine d'un cône divergeant peu à peu. Le cône se remplit d'abord par le liquide lancé et forme au-dessus du jet une surface liquide que la force du jet empêche de tomber. Le jet, en y pénétrant, y entraîne l'air ou le gaz qui l'entoure en bulles nombreuses qui ne peuvent plus redescendre : c'est le vide par barbotage. Elles s'échappent par le haut, soit dans l'atmosphère, soit dans un récipient si l'on veut les recueillir. Un tube, venant s'ouvrir latéralement dans le cône supérieur de sortie, ramène le liquide élevé à la turbine, qui le fera jaillir de nouveau. A cause de la rapidité du courant, le cône supérieur peut encore se terminer par un tube recourbé qui ramènera ensemble liquide et bulles dans la turbine où la séparation s'opérera. Le jet et les deux orifices sont contenus dans une petite chambre close, communiquant par un tube avec le récipient à vider.

Cet appareil ne saurait être confondu avec la trompe, dont il diffère par le principe même de son fonctionnement. Dans la trompe, les deux orifices sont presque de même diamètre; l'eau s'applique sur la paroi du tube récepteur, formé d'un cône très allongé, et c'est son adhérence qui détermine l'appel d'air. Si l'on retournait le nouvel appareil, l'orifice supérieur ne pourrait absolument pas servir comme trompe, car le jet y passerait librement, le diamètre étant trop grand pour que l'adhérence avec la paroi puisse se produire. L'appareil agit par entraînement et barbotage dans une masse liquide. On peut, du reste, en retournant la trompe, produire le même effet, mais on conserve dans ce cas, inutilement, la petite différence de diamètre des deux orifices. C'est alors le maintien d'une masse d'eau au-dessus du jet qui constitue la différence palpable entre les deux appareils.

Voici les avantages de l'appareil décrit :

1° L'appareil, une fois en marche, n'est pas troublé par la mise en communication subite avec l'air ambiant ou avec un grand récipient à vider, ce qui amène, avec la trompe, une rupture d'adhérence ou désamorçage.

2° Un autre avantage, et celui-là capital, c'est de pouvoir faire le vide avec le mercure, ce qui avait été tenté en vain avec la trompe. Le vide par l'eau est limité par la tension de vapeur d'eau. Avec le mercure, le vide est celui même du baromètre. J'ajoute qu'il suffit, pour que l'appareil fonctionne, d'une quantité très petite d'eau ou de mercure. Avec l'eau, on fait à la main, en huit minutes, le vide à 700^{mm} de mercure dans un récipient de 5^{lit}.

On peut encore se servir de l'appareil comme soufflerie et pour transvaser les gaz.

2. Le second appareil est ainsi conçu : il est entièrement plongé dans le liquide, eau ou mercure, circulant dans la turbine (ou encore dans un courant quelconque). L'appareil consiste simplement en une

fente pratiquée sur un tube bouché du côté où il pénètre dans la turbine. Cette fente doit remplir certaines conditions. Elle doit être dirigée dans le sens du rayon ou parallèle à une génératrice du cylindre. Le bord de la fente sur laquelle le liquide passe d'abord doit être relativement plus élevé que l'autre, de quelques dixièmes de millimètre, de manière à former une petite cataracte. Quant au plan des deux plages qui limitent la fente, le liquide allant vers la fente doit trouver une plage droite, ou légèrement montante, et, après la fente, une plage descendante. L'autre bout du tube est relié au récipient à vider. Cet appareil peut prendre des formes très variées. En voici deux exemples : 1° Le tube prend à son extrémité l'aspect d'une lame à double tranchant, coupant le courant. La fente est rectiligne et règne dans la partie immergée, des deux côtés, au milieu du plat de cette sorte d'épée. 2° Une autre forme consiste en un appareil pisciforme semblable à celui qui sert à monter l'eau; seulement, un cône est fixé devant l'orifice, le recouvrant en le dépassant un peu par la base, formant ainsi une fente circulaire, tandis que son sommet se présente au courant. On peut donner à l'appareil la forme d'un ellipsoïde très aplati dans le sens de la moindre résistance.

Fermeture de la turbine. — La turbine, dans sa marche rapide, laisserait échapper quelques gouttes projetées, malgré la protection de la base annulaire; on y obvie : 1° en plaçant une bande parallèle au cylindre derrière la partie terminant le tube; 2° en formant un rebord intérieur auquel on donne la coupe d'un huitième de cercle dont toutes les tangentes sont dirigées vers la paroi cylindrique intérieure. Un couvercle plan, immobile, couvre toute la partie ouverte de la base; son bord épais épouse la forme du rebord, dont il est éloigné par un intervalle très étroit. L'axe traverse ce couvercle sans y toucher. On y ménage encore deux ouvertures pour les tubes de montée et de descente du liquide. Les tubes, ainsi que le couvercle, sont fixés au bâti

de la turbine. Ce couvercle est en deux morceaux pour la facilité de sa pose. Avec la bande et ce couvercle, il ne se perd pas la plus petite gouttelette d'eau ou de mercure.

Conclusion. — Dans cette description sommaire, j'ai été obligé d'omettre bien des détails; ce que j'ai dit suffit toutefois à donner une idée des divers appareils. Je ferai remarquer, en terminant, que leur avantage réside en grande partie dans la diminution des résistances passives auxquelles les autres engins, pompes ou machines rotatives, sont soumis. Dans les uns, le frottement du piston, dans les autres le frottement de l'eau tourbillonnant contre des parois immobiles, produisent une résistance qui n'existe pas dans une machine où l'entraînement est produit par la paroi elle-même et la résistance seulement par un engin très petit, pisciforme, à contours fuyants. Pour le démontrer, on donne à un appareil à main la vitesse qui correspond à la production du vide. On cesse alors brusquement de l'actionner : il fait encore un millier de tours. On pourrait dire qu'il en serait de même avec n'importe quelle machine si le volant était suffisamment grand. Mais, dans celle-ci, la partie active de l'appareil est précisément sur le bord du cylindre liquide qui sert de volant. Pour établir la comparaison, il faut supposer le piston d'une pomme frottant contre son volant comme dans son cylindre. Dans ces conditions, l'arrêt serait presque instantané.

Appareil à faire le vide.

Journal de Physique, 2e série, t. IV; 1885.

Je viens de décrire un appareil à faire le vide consistant, pour sa partie essentielle, en un jet d'eau ou de mercure partant d'un orifice inférieur et pénétrant dans un orifice supérieur. Ces deux orifices sont circulaires.

Or, dès que l'on s'occupe de ce genre d'appareil, on est frappé de la perte considérable de force qu'il nécessite.

En effet, le jet est un cylindre liquide dont la périphérie seule est efficace ; toute la partie intérieure du jet est inutile.

On voit aussi immédiatement qu'un appareil semblable ne saurait passer du laboratoire à l'usine et devenir d'un emploi industriel, puisque, pour en augmenter l'effet, il faut augmenter proportionnellement la périphérie du jet, tandis que la partie intérieure représentant la masse liquide en mouvement, c'est-à-dire le travail, croît comme la section circulaire, c'est-à-dire comme le carré.

Pour obvier à ces défauts, deux moyens se présentent : remplacement de l'orifice circulaire, 1° par une fente étroite, 2° par un certain nombre de petits orifices circulaires.

Examinons les deux systèmes :

1° On peut avoir, au lieu des deux orifices circulaires opposés, deux fentes étroites opposées l'une à l'autre et qui, en s'allongeant simultanément sans varier de largeur, donneront à la fois un effet et un travail proportionnels à leur longueur.

Deux fentes semblables en ligne droite seraient d'une exécution très difficile ; mais il est une autre disposition facile à réaliser : c'est de se servir des deux orifices circulaires, tels qu'ils ont été antérieurement décrits et d'occuper le centre du jet par un cylindre plein concentrique. On forme ainsi un jet circulaire dont la partie extérieure entraîne l'air. Cette construction est facile à obtenir et elle a été l'objet d'une Communication à la Société de Physique. Un appareil à mercure de cette forme a été expérimenté ; il était actionné à la main et a fait le vide barométrique en six minutes environ dans une capacité de 600^{cc}. La capacité consistait en une boule de verre formant la terminaison supérieure d'un tube à large section (0^{m},02 de diamètre) plongeant dans une cuve à mercure. Ce tube porte à sa partie inférieure une pointe d'ivoire qui fixe le zéro ; la mesure du vide se faisait par

une armature à vernier au $\frac{1}{20}$ de millimètre, semblable à celle d'un baromètre qui servait de comparaison. Celui-ci était un baromètre de Tonnelot portant le contrôle du Bureau central météorologique. Le jury pour les Sciences a décerné à ce même appareil la médaille d'or à l'Exposition universelle de 1889.

Aucune matière desséchante n'est nécessaire pour arriver à ce vide. Le courant d'entraînement étant continu, la vapeur d'eau est expulsée, comme l'air même.

2° L'autre moyen consisterait en une série de petits orifices circulaires à l'ensemble desquels on devra, pour arriver à une comparaison, donner même périphérie et même section qu'à la fente annulaire. Pour juger ce procédé, il suffit d'examiner combien il faudrait de ces petits orifices pour équivaloir à une fente donnée,

Soient

R le rayon extérieur de la fente annulaire;
a la largeur de la fente;
r le rayon des petits orifices;
n leur nombre.

On a

$$R = nr, \qquad \pi R^2 - \pi(R - a)^2 = n\pi r^2,$$

d'où l'on tire

$$2Ra - a^2 = nr^2.$$

Divisant par la première équation, on a

$$2a - \frac{a^2}{R} = r;$$

a^2 étant toujours très petit, on peut négliger $\frac{a^2}{R}$.

On a finalement

$$r = 2a, \qquad n = \frac{R}{2a}.$$

Si l'on fait la fente d'un quart de millimètre et R de 5^{mm}, comme dans l'appareil qui a été expérimenté, on aura 10 orifices, soit 20 orifices à placer vis-à-vis l'un de l'autre. Si l'on voulait employer des forces plus considérables, par exemple 10 chevaux, force très inférieure à celles employées à faire le vide dans les moindres sucreries, on aura de 2000 à 2400 orifices à établir les uns vis-à-vis des autres. On voit qu'il y a là une difficulté insurmontable dans la pratique.

La fente annulaire étant acceptée, rien n'oblige d'ailleurs de s'en tenir à un seul appareil pour les grandes forces. On pourrait former des unités pour une force de 1 ou 2 chevaux qui, multipliées selon les besoins, n'amèneraient jamais la répétition excessive du même appareil.

Appareil remplaçant les robinets dans les expériences à faire le vide.

Journal de Physique, 1889; 2e série, t. VIII.

Lorsque, dans les appareils à faire le vide, on a à manier fréquemment des robinets, on s'aperçoit bien vite qu'après un nombre très limité d'ouvertures et de fermetures successives, ces robinets laissent filtrer des quantités notables d'air. S'ils sont en verre, la cause devient visible par les petites stries qui dessinent le cheminement de l'air à travers le graissage. Le nettoyage retarde l'expérience et devient souvent très difficile quand la graisse s'introduit dans les tubes où ces robinets sont fixés. Le graissage lui-même est un obstacle au vide parfait.

On peut, avec l'appareil suivant, indéfiniment ouvrir et fermer hermétiquement le passage de l'air dans un ou plusieurs récipients, soit alternativement, soit simultanément, sans avoir jamais de nettoyage à opérer et sans avoir jamais à intervenir dans le jeu de l'appareil une fois monté.

Pour fixer les idées, voici l'explication d'un appareil remplaçant un robinet à trois voies.

Trois tubes verticaux, bouchés par le haut, d'une hauteur dépassant celle du baromètre et placés à côté l'un de l'autre, plongent par le bas dans une cuve à mercure. Le premier communique par la partie supérieure à la pompe à vide; le deuxième, central, est isolé; le troisième communique au récipient. Du haut du tube central descend un tube parallèle, capillaire seulement par sa moitié supérieure et plongeant par le bas dans une cuvette séparée. Les deux cuves ont le même niveau.

Dans ces trois tubes pénètrent deux tubes en Y dont les branches supérieures ainsi que l'inférieure sont plus hautes que la hauteur barométrique. Le grand tube central renferme uue branche de chaque Y. La branche basse de chaque Y munie d'un purgeur se prolonge en un tube de caoutchouc terminé par une petite bouteille contenant du mercure. Quand ces bouteilles sont à un niveau assez bas et que l'on fait le vide, le mercure monte dans tous les tubes jusqu'à la hauteur barométrique. Si alors on fait descendre la petite cuvette au-dessous du tube annexé au tube central, l'air entrera, et par les Y la communication aura lieu partout. Mais, si l'on monte jusqu'au-dessus de l'embranchement d'un des Y la petite bouteille correspondante, le passage est interrompu de ce côté. L'air pourra pénétrer par le tube en Y dont la bouteille est restée basse et non plus par l'autre qui forme baromètre avec la bouteille élevée.

Après chaque opération, l'appareil revient à son état primitif et le mercure reprend partout son niveau initial. A cet effet, un tube de trop-plein pénètre par le bas dans la cuve à mercure dont le niveau est ainsi limité. Ce tube se rend par un caoutchouc dans une des deux bouteilles du bas. Celles-ci communiquent à leur centre par un tube en caoutchouc de manière à égaliser leurs niveaux.

Quant aux cuves du haut, elles communiquent par un caoutchouc

étroit qui rétablit les niveaux, mais assez lentement pour laisser le temps de maintenir la cuvette mobile au-dessous du tube pendant la chute du mercure et la rentrée de l'air.

Les tubes en Y doivent être assez larges pour échapper aux inconvénients de la capillarité. Cependant l'extrémité supérieure des branches des Y qui ne se trouvent pas dans le tube central doit être terminée par un orifice étroit, et tournée vers le bas.

On conçoit aisément qu'autant on mettra d'Y ayant une branche dans le tube central et l'autre dans un autre tube, autant on aura de voies à cette espèce de robinet. Tout l'appareil est fixé à une planche soutenue par un pied.

On peut faire encore un autre appareil analogue avec un seul Y à plusieurs branches supérieures, entrant chacune dans un tube séparé, organisé comme le tube central avec son annexe et sa cuvette. Ces appareils, comme les robinets, peuvent servir au passage des gaz.

On voit que la manœuvre de l'appareil consiste simplement à monter ou descendre la petite bouteille du bas et à descendre la petite cuvette du haut. Après chaque manœuvre tout reprend spontanément l'état d'origine.

18453 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.